

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS
MATERIALES COMO AISLANTES ACÚSTICOS EN CONSTRUCCIONES LIVIANAS**

INVESTIGADOR PRINCIPAL

Ing. Adán Silvestre Gutiérrez

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN

Derlyn Mitchel Palacios Ayala

Ana Gabriela Chimachaná Rojas

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

PEREIRA

2019

Agradecimientos

A Dios por ser nuestro guía y acompañarnos en el transcurso de nuestra vida, brindándonos paciencia y sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

A nuestros padres por ser el pilar fundamental y habernos apoyado incondicionalmente, a pesar de las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Un agradecimiento especial a nuestro director de investigación el Ing. Adán Silvestre Gutiérrez quien, con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación.

Y finalmente a todos los docentes que permitieron que esta formación académica tuviera éxito y se metiera en nuestras vidas, de tal forma que se convirtiera en nuestra pasión.

Resumen.

Se presenta el prototipo que permite analizar el comportamiento de materiales como el cisco de café, el icopor y caucho molido como aislantes acústicos en construcciones livianas. A través de la comparación con diferentes materiales que también pueden ser utilizados en dichas construcciones, brinda datos que pueden contribuir a futuras investigaciones o aplicaciones en construcciones livianas. Para la realización de dichas mediciones se emplea un sonómetro. A través de los resultados los materiales mencionados anteriormente demuestran ser un buen aislante acústico.

Abstract.

The prototype that allows analyzing the behavior of materials such as coffee cisco, icopor and ground rubber as acoustic insulators in lightweight constructions is presented. Through the comparison with different materials that can also be used in various constructions, providing data that can contribute to future research or applications in light constructions. A sound level meter is used to perform various measurements. Through the results, the materials mentioned above prove to be a good acoustic insulator.

Tabla de Contenido

1. Antecedentes de la Investigación	10
2. Descripción del problema de investigación.	13
3. Objetivos.	14
3.1 Objetivo General.	14
3.2 Objetivos Específicos.....	14
4. Justificación.	15
5. Marco Referencial.....	16
5.1 Marco Teórico.....	16
5.1.1 Conceptualización del Aislamiento Acústico	16
5.1.2 Materiales.....	17
5.1.3 Mecanismo	17
5.1.4 Técnicas de Aislamiento	18
5.1.5 Selección de Materiales	19
5.1.6 Construcción en Seco.....	19
5.2 Marco Conceptual	22
5.3 Marco Metodológico.....	26
5.3.1 Tipo de Investigación.....	26
5.3.2 Método de Investigación.....	27
5.4 Marco Legal y Normativo.....	28

6. Hipótesis.....	29
7. Aspectos Operativos de la Investigación	30
7.1 Aplicación	30
7.1.1 Equipos y Materiales.....	30
7.1.2 Procedimiento y Descripción del Proceso	32
7.2 Resultados	33
7.2.1 Análisis de Resultados	35
8. Delimitación del Proyecto.....	36
8.1 Limitaciones Presupuestales	36
8.2 Cuadro de Costos	36
9. Conclusiones	37
10. Recomendaciones.....	38
11. Bibliografía	39

Lista de Tablas.

Tabla 1. Resultados materiales al granel	34
Tabla 2. Resultados de materiales encapsulados	34
Tabla 3. Análisis de Resultados	35
Tabla 4. Tabla de costos	36

Lista de Ilustraciones.

Ilustración 1. Cisco De Café	30
Ilustración 2. Caucho Molido	31
Ilustración 3. Icopor en diferentes formas	31
Ilustración 4. Sonometro UNI-T, serie UT353	32

RESUMEN

En el presente trabajo se establece un proceso investigativo experimental que permite explorar a través de diferentes materiales el aislamiento acústico, para compararlo específicamente con el comportamiento del cisco de café cumpliendo la función de aislante en construcciones livianas. De esta forma se brinda una mirada rigurosa que, desde los conocimientos adquiridos en el proceso académico de la Ingeniería Civil, para que se establezcan nuevas fuentes de información y así contribuir de una manera adecuada a la innovación en el tema.

Además, estos resultados se obtienen de manera práctica, utilizando materiales como el caucho molido, cisco de café, el icopor, entre otros, ya que estos materiales también pueden ser utilizados en construcciones livianas, sin generar afectaciones o inconvenientes en las infraestructuras. Logrando establecer resultados y comparaciones puntuales con la frecuencia y la efectividad en el aislamiento acústico de cada uno, brindando mediciones que establezcan mejores resultados para el tema.

Dentro de los resultados obtenidos se demuestra que algunos de los materiales utilizados son efectivos para el aislamiento acústico en las construcciones livianas, pero en conclusión se define que el Cisco de café funciona de una manera efectiva y genera menores gastos para su utilización.

1. Antecedentes de la Investigación

Para Colombia y especialmente la región Risaraldense, el café no sólo representa el principal producto de exportación sino que también representa un símbolo que identifica y enaltece la imagen del país; cabe resaltar que detrás de una taza de café se encuentra una tradición, una cultura, parte de la historia del último siglo, la esperanza de una comunidad, y lo más importante, los innumerables esfuerzos de todos los colombianos campesinos que con su trabajo producen uno de los cafés más suaves del mundo y de mejor calidad. “El café ha contribuido al desarrollo socioeconómico de las regiones productoras, así como a la salud, el transporte, el comercio, las finanzas, la industria y el empleo. El café es el producto agrícola que genera mayor empleo en el campo, en donde la familia ha sido la base del trabajo en las fincas cafeteras”. (FL, 2000)

Para lograr establecer las utilidades que tiene el café, primero es necesario conocer su composición, la cual se puede describir de la siguiente manera:

“El café tiene múltiples componentes. Los granos de café crudos tienen una composición diferente entre la variedad Arábica y la Robusta. En la variedad Arábica, la cafeína comprende el 1,2% de la materia seca, 4,2% minerales, de los cuales 1,7% es potasio; 16% lípidos, 1,0% trigonelinas, 11,5% proteínas y aminoácidos, 1,4% ácidos alifáticos, 6,5% despidos (ácidos clorogénicos), 0,2% glucósidos y 58% carbohidratos. En la variedad Robusta, la cafeína comprende el 2,2% de la materia seca, 4,4% minerales, de los cuales 1,8% corresponden al potasio; 10% lípidos, 0,7% trigonelinas, 11,8% proteínas y aminoácidos, 1,4% ácidos alifáticos, 10% ácidos clorogénicos y 59,5% glucósidos trazas y carbohidratos”. (R. & Garantini, The Composition off coffe. In: caffeine, coffee, and health, 1991)

“Los lípidos son parte importante en la composición del grano de café. El aceite de café se concentra en la endosperma, el resto (0,2% a 0,3%) de cera se encuentra en la capa

externa de la semilla. El aceite de café se compone de ácidos grasos, particularmente linoléico (40% a 45%) y palmítico (25% a 35%), proporciones similares a las encontradas en otros vegetales comestibles. Entre los esteroides, 24-metilenecolesterol y avenasterol son más importantes en la variedad Robusta que en la Arábica” (R., Physiologically active substances in coffee. In: Clarke RJ, Macrae R, 1988). “La capa externa de cera contiene 5-hidroxitriptamidas, ácidos araquidónicos, esteárico, 20-hidroxiaraquidónico, behénico y lignosérico”. (P., 1985)

“Los oligosacáridos y polisacáridos solubles e insolubles constituyen cerca de la mitad de la materia seca del grano tostado, sin mayores diferencias entre las especies. La fracción soluble se compone de sucrosa y polímeros de galactosa, arabinosa y manosa. Los constituyentes insolubles incluyen celulosa y hemicelulosa”. (LC, 1985)

Todos estos componentes que contiene un grano de café tienen utilidades que permiten ser explotadas en diferentes campos, una forma de emplearlo es el propósito de esta investigación utilizándolo como aislante acústico. Pero para aprovechar al máximo este material, se debe consultar trabajos de investigación anteriores con relación al tema para encontrar diferentes aplicaciones del cisco de café, una de ellas es como material de construcción; ésta consiste en compactar el cisco sin ningún tratamiento posterior a cómo sale de las trilladoras mediante el uso de aglomerantes de origen animal.

Actualmente, la mayor utilización del cisco está concentrada como material de combustión en calderas, esto debido a su alto poder calorífico. “También, se han realizado otros ensayos mezclando el cisco pulverizado con otros materiales como el PVC, para formar paneles y utilizarlos en la construcción; sus resultados han sido satisfactorios. Se ha realizado además un estudio experimental del comportamiento como material de construcción de la mezcla entre cisco de café y concreto (hormigón), en el cual el cemento es el aglutinante y el cisco de café sirve de

relleno, buscando reducir los costos de construcción de vivienda al obtener un material barato y accesible”. (CASTAÑO B. & H., 2014)

Otro estudio que sirve como base para este proyecto es el realizado en la Universidad Tecnológica de Pereira titulado “Cálculo del coeficiente de reducción de ruido (NRC), de materiales, utilizando una cámara de insonorización” que plantea “la medición del índice de atenuación de ruido (Noise Reduction Coefficient. NRC), en los materiales requiere del desarrollo de un mecanismo y metodología apropiados, lo que conduce a una revisión en la literatura de posibles modelos y sistemas de medición utilizados hasta el momento. Después de analizar las experimentaciones realizadas en este campo se toma como base los modelos implementados por la empresa Colombit S.A. [2], y el modelo expuesto en el texto CHAPMAN Y HALL. The Measurement and Suppresion of Noise. Publishers [1], los cuales se adaptan a los requerimientos deseados para esta investigación de carácter académico. (Narváez, Castaño, & Christian, 2013)

2. Descripción del problema de investigación.

El ser humano suele estar en lugares en los cuales desea sentirse tranquilo sin tener alguna molestia o perturbación; como los son los colegios, universidades, sitios de trabajo, bibliotecas, y, por último, pero no menos importante en las residencias. Uno de los factores que genera gran molestia al ser humano es el ruido exterior que suele ser generado por vecinos, construcciones cercanas, tráfico, o establecimientos cercanos como discotecas, resguardos de animales, entre otros. Cabe resaltar que es casi por no decir imposible impedir que se generen estas molestias ya que como seres humanos habitantes de un mundo cambiante estamos obligados a batallar en el diario vivir con los ruidos producidos por las nuevas tecnologías y el crecimiento desmedido de la población; los cuales a su vez provocan un aumento significativo en los medios de transporte. En las construcciones livianas estas molestias suelen ser demasiado frecuentes puesto que los materiales que son comúnmente utilizados en estas construcciones tienen un bajo nivel de aislamiento acústico.

Los materiales manejados en el transcurso de esta investigación no están siendo aprovechados de una forma adecuada, es decir, no se aprovechan al 100%. Por tal razón buscamos una forma de que sean mejor aprovechados.

3. Objetivos.

3.1 Objetivo General.

Realizar un estudio experimental del comportamiento distintos materiales como aislantes acústicos en construcciones livianas.

3.2 Objetivos Específicos.

- Construir un prototipo de una construcción liviana
- Determinar mediante medición directa los niveles de aislamiento.
- Determinar para el prototipo la mejor forma de aplicación de los diferentes

materiales en los espacios vacíos de las paredes.

4. Justificación.

Las construcciones livianas carecen de un nivel adecuado en cuanto a aislamiento de sonido se refiere, dado que los materiales utilizados en su elaboración tienen propiedades acústicas muy bajas. Debido a este inconveniente, para mejorar sus propiedades naturales como aislador de sonido es necesario que se le agreguen materiales como la fibra de vidrio, incluso láminas de plomo entre otros.

Para las construcciones livianas el material aislante más utilizado en la actualidad es la fibra de vidrio, material que esperamos pueda reemplazar por alguno de los materiales utilizados en esta investigación, debido a que al trabajar con fibra de vidrio se tienen varios inconvenientes. A pesar de que la fibra de vidrio no es un material peligroso puede llegar a ser inflamable, tóxico, y si hace contacto con la piel puede causar cortaduras e irritaciones; además el proceso para su instalación y desinstalación es bastante complejo porque se deben tener medidas de precaución como lo son utilizar guantes y máscaras para evitar inhalar el producto. Si al finalizar esta investigación los resultados son positivos se estima que otra ventaja es que trabajar con cualquiera de estos materiales sale más económico y con relación al ambiente es mejor que trabajar con la fibra de vidrio.

Esta investigación se realiza con el objetivo de evaluar el comportamiento de materiales como el icopor, el cisco de café, y caucho molido como aislantes acústicos en construcciones livianas para poder llegar a la conclusión de si son viables o no.

Para terminar, esta investigación les abre el camino a todas aquellas personas interesadas en el tema.

5. Marco Referencial

5.1 Marco Teórico

5.1.1 Conceptualización del Aislamiento Acústico

Para lograr establecer con claridad los propósitos y utilidades de la actual investigación, debemos definir a que se refiere puntualmente el proceso de aislamiento acústico, definiéndolo entonces como el “conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio. (Red., s.f.)

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida. Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico:

FACTOR MÁSIICO. El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación. Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos.

FACTOR MULTICAPA. Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia

producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, y que por lo tanto tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda. (ecured, 2014)

5.1.2 Materiales

Para lograr el proceso de aislamiento acústico propuesto en el apartado anterior, se requiere la utilización de materiales específicos que contengan características que cumplan con los requerimientos para las construcciones livianas, que son las pertinentes en la presente investigación.

“Los materiales aislantes son, generalmente, malos absorbentes. Es un hecho lógico, la misión de un aislante, si está colocado en el interior puede ser absorber el sonido que le llega, no obstante, colocado en el exterior, tiene como misión reflejar la mayor cantidad de energía sonora que reciba, para impedir que penetre en el recinto. Ahora bien, si se refiere a estructuras, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos” (Acústicos, 2013)

5.1.3 Mecanismo

Es fundamental que el proceso o mecanismo estructural tenga unas características puntuales que permitan el verdadero aislamiento acústico, pero existen determinados componentes que determinan su efectividad, así “La capacidad de aislamiento acústico de un determinado elemento constructivo, fabricado con uno o más materiales, es su capacidad de atenuar el sonido que lo atraviesa. La atenuación o pérdida de transmisión sonora de un determinado material se define como la diferencia entre la potencia acústica incidente y el nivel de potencia acústica que atraviesa el material.

La pérdida de transmisión sonora depende de la frecuencia, del tamaño del tabique o pared y de la absorción del recinto receptor. El hecho de que la atenuación sonora dependa de múltiples factores hace que no se pueda decir, con propiedad, que existan materiales aislantes acústicos.

El aislamiento acústico de un elemento plano se determina en laboratorio, produciendo un sonido en una de sus caras y midiendo el sonido transmitido en la otra. El resultado se expresa en decibelios. Este resultado, si aparece reflejado en las especificaciones técnicas del material, lo hace bajo la nomenclatura de capacidad de aislamiento y tiene que hacer referencia a un espesor/espesores concretos” (ecured, 2014)

5.1.4 Técnicas de Aislamiento

Existen diferentes técnicas de aislamiento acústico que permiten no solo la exploración de los materiales mencionados anteriormente, sino además estructuras variadas, que generan transformaciones en la recepción del sonido, así “el aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos en aquellos casos en que la densidad de los materiales supere los 300 Kg/m³. Sólo en este caso será de aplicación la ley de masas y sus fórmulas para determinar la capacidad de aislamiento acústico del material. Por otra parte, una disposición adecuada de materiales puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que, la suma del aislamiento individual de cada elemento puede alcanzar.

Una de las técnicas más utilizadas, consiste en levantar muros dobles, lo cual se hace sobre una cinta del material aislante para evitar que el ruido sea transmitido a los pisos inferiores y habitaciones adyacentes. Después de tener los dos tabiques levantados se instala un panel del material aislante en medio de estos, el espesor de este panel debe ser un poco inferior a la separación de los tabiques, esto para permitir que el panel vibre al recibir la onda sonora, es decir para que la energía sonora se convierta en energía mecánica. Ya con los paneles instalados

se recubre la parte externa de los muros con una lámina de yeso para evitar posibles grietas al material principal. Con muros contruidos de esta manera se alcanzan aislamientos de hasta 53 decibelios dependiendo del material aislante utilizado” (construcguis, 2011)

5.1.5 Selección de Materiales

Los materiales utilizados para realizar el aislamiento acústico pueden ser:

- El plomo, que es uno de los que mejor cumple con la función de aislante ya que no solo lo hace con el sonido sino también con las vibraciones. Pero debido a su composición a base de caucho, betún, asfalto y EPDM, resulta altamente toxico, por lo tanto, está prohibida su utilización.
- Teniendo en cuenta la ley de masas, “que establece que la reducción de la intensidad acústica a través de un elemento es función del cuadrado del producto de la masa unitaria (m) por la frecuencia considerada (f)” (rabfis, 2013); el hormigón, terrazo y acero son suficientemente rígidos para ser excelentes aislantes.
- “También actúan como un gran y eficaz aislante acústico, las cámaras de aire (un espacio de aire hermético) entre paredes. Si se agrega, además, material absorbente en el espacio entre los tabiques (por ejemplo, lana de vidrio), el aislamiento mejora todavía más. Cuando se realiza un acondicionamiento acústico, no sólo hay que prestar atención a las paredes y suelos del recinto, sino a los pequeños detalles. Una junta entre dos paneles mal sellada, una puerta que no encaja, etc., pueden restar eficacia al aislamiento” (ecured, 2014)
- La fibra de vidrio además por sus características de aislamiento acústico y térmico, resulta útil dependiendo de las técnicas con las que se utilice en la construcción.

5.1.6 Construcción en Seco

“Los sistemas constructivos que emplean placa de roca de yeso Gyplac resuelven muchos de los problemas de peso, tiempo y limpieza para la construcción tanto en casas

residenciales como en obras civiles del ámbito comercial, industrial o multifamiliar y de aplicación en interiores y exteriores. Este sistema en si no hace referencia a un solo material sino a un conjunto compuesto por la placa de yeso Gyplac, el bastidor metálico o armazón que constituye el elemento estructural (en algunos casos puede ser de madera) compuesto por los parales, rieles, perfiles omega y las placas de yeso roca Gyplac; los elementos constructivos complementarios como son bruñas perimetrales, bruña panel, tarugos, clavos, fulminantes y tornillos; los elementos sellantes o de terminación representados por la masilla especial para juntas y la cinta de papel. El sistema constructivo con placa de yeso-papel Gyplac es ideal para la construcción de tabiques huecos, ya que permite un trabajo rápido, limpio y seco, además de contar con el espacio suficiente para disponer en el interior de productos aislantes, acústicos y térmicos según las necesidades. En interacción con la madera o metal, se presenta como una solución eficaz para los requerimientos de rapidez, economía, comportamiento sísmico y óptimo acabado con menores costos en relación con la mano de obra y materiales” (vivirhogar, 23)

5.1.6.1 Características de los Elementos del Sistema

“LA PLACA DE YESO GYPLAC: Está formada por un núcleo de roca de yeso bi hidratado ($\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$) y con ambas caras revestidas con papel de celulosa flexible; ambos materiales de amalgaman formando un conjunto sólido. Este material es altamente resistente a los esfuerzos, a la humedad (RH), presenta características aislantes térmicas que pueden incrementarse con el uso de lana de vidrio o poliestireno expandido ($0.38 \text{ Kcal/m h}^\circ\text{C}$); asimismo sus capacidades de aislamiento acústica están probadas con un excelente comportamiento ante los ruidos externo. La principal propiedad de este tipo de placas es su carácter de material anticombustible (RF), su resistencia a la llama supera fácilmente las normas ASTM relacionadas con este punto (en pruebas de campo se ha verificado que los materiales de placa yeso superar tiempos mayores a 2 horas de resistencia al fuego).

Una de las aplicaciones adicionales de estas placas es como recubrimiento de paredes o cielos rasos en reemplazo de los tartajeos tradicionales con cemento o yeso húmedo, para ello se fijan perfiles de omega, fajas Glypac de 12.7 mm o listones de madera a la pared de ladrillo crudo, fijándose a ellos las placas.

Otro de los elementos que junto a la placa de yeso Gyplac brinda rigidez a la estructura son los parantes rectos, rieles de soporte y perfiles omega todas piezas estructurales fabricadas en acero galvanizado. Los parales son los elementos verticales y tienen una forma de U con el interior variable en medidas de 38 mm, 64 mm u 89 mm, presentan perforaciones en su estructura diseñadas para el paso de las tuberías y vienen en largos de 2.44 mts. (Estándar) 3.05 mts y 3.66 mts. Por su parte los rieles son las piezas horizontales de la estructura tienen también forma de U (aunque plana) con el fondo variable de 39mm, 65 mm y 90 mm (un poco mayor al paral que deben contener), las longitudes varían entre 3.05 mts (estándar) y 3.66 mts. Los perfiles Omega son de sección trapezoidal de 60 x 22 mm y se proveen en largos estándar de 3.00 mts son empleados para las fijaciones en cielos rasos y revestimiento de muros.

Los elementos complementarios como clavos, fulminantes, tornillos y tarugos son los que brindan fijación al sistema; se emplean tornillos de diseño especial de los tipos T1 wafer o pan para fijación de perfiles, T2 Drywall de $\frac{1}{4}$ (6 x 32 mm) para fijación de la placa a la estructura, T3 Drywall de $1 \frac{5}{8}$ (6 x 41 mm) para la fijación de dos placas juntas a la estructura y T2 para madera en el caso que no se usen parantes metálicos sino alma de madera.

La masilla conjuntamente con la cinta de papel son los principales elementos de terminación o acabado, la primera viene en dos presentaciones que se relacionan con las fases del trabajo a realizar. La primera o masilla de secado rápido en polvo se emplea para sellar juntas entre las placas de yeso y trabaja conjuntamente con la cinta de papel celulósico fibrado de alta resistencia a la tensión de 50 mm, esta masilla constituye la primera mano del acabado; la

segunda mano o terminación final se realiza con la masilla lista para usar que viene en una presentación preparada y de consistencia pastosa” (vivirhogar, 23)

5.1.6.2 Colocación en obra del Sistema

“El armado de paredes mediante este sistema se realiza mediante la colocación de una estructura compuesta por parales y rieles a las que se atornillan placas Gyplac de 1/2" pulgada (12.7 mm) o de 5/8 de pulgada (15.9 mm), las paredes pueden ser simples (llevan como forro una sola placa), dobles (con dos placas de recubrimiento), media pared con una placa de cubierta y en la parte inferior una sobre placa a manera de protección (se emplea en lugares donde se necesite mayor aislamiento), pared real que es una pared más gruesa parecida a las normales de ladrillo y paredes especiales como las curvas o aquellas se emplean en salas de rayos X (que contienen una plancha de plomo en su interior)” (vivirhogar, 23)

5.2 Marco Conceptual

Para lograr realizar un proceso investigativo riguroso, se requiere no solo conocer las teorías o formas en las que se han realizado procesos de aislamiento acústico, sino además establecer los términos que permitan la comprensión y cumplimiento de los objetivos.

Para iniciar es necesario comprender el ruido como “sonido no deseado, y en la actualidad se encuentra entre los contaminantes más invasivos. El ruido del tránsito, de aviones, de camiones de recolección de residuos, de equipos y maquinarias de la construcción, de los procesos industriales de fabricación, de cortadoras de césped, de equipos de sonido fijos o montados en automóviles, por mencionar sólo unos pocos, se encuentran entre los sonidos no deseados que se emiten a la atmósfera en forma rutinaria.

El problema con el ruido no es únicamente que sea no deseado, sino también que afecta negativamente la salud y el bienestar humanos. Algunos de los inconvenientes producidos por el ruido son la pérdida auditiva, el estrés, la alta presión sanguínea, la pérdida de sueño, la distracción y la pérdida de productividad, así como una reducción general de la calidad de vida y la tranquilidad” (fceia, 23). Y es que de manera determinante en esta investigación todas las alteraciones que puede producir el ruido, es lo que se encamina a combatir, desde la innovación con estrategias, usos y prácticas que sean efectivas.

Pero para comprender el ruido, es necesario aclarar que la presión sonora, pero para ello es necesario en primer lugar definir “la presión atmosférica, es decir la presión del aire ambiental en ausencia de sonido. Se mide en una unidad SI (Sistema Internacional) denominada Pascal (1 Pascal es igual a una fuerza de 1 newton actuando sobre una superficie de 1 metro cuadrado, y se abrevia 1 Pa). Esta presión es de alrededor de 100.000 Pa (el valor normalizado es de 101.325 Pa). Podemos luego definir la presión sonora como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica, y, naturalmente, también se mide en Pa. Sin embargo, la presión sonora tiene en general valores muchísimo menor que el correspondiente a la presión atmosférica. Por ejemplo, los sonidos más intensos que pueden soportarse sin experimentar un dolor auditivo agudo corresponden a unos 20 Pa, mientras que los apenas audibles están cerca de 20 MPa (MPa es la abreviatura de micro pascal), es decir una millonésima parte de un pascal). Esta situación es muy similar a las pequeñas ondulaciones que se forman sobre la superficie de una profunda piscina. Otra diferencia importante es que la presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos (presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo. Esta magnitud se denomina frecuencia y se expresa en ciclos por segundo o hertz (Hz). Para

reducir la cantidad de dígitos, las frecuencias mayores que 1.000 Hz se expresan habitualmente en kilohertzio (kHz)

NIVEL DE PRESIÓN SONORA: El hecho de que la relación entre la presión sonora del sonido más intenso (cuando la sensación de sonido pasa a ser de dolor auditivo) y la del sonido más débil sea de alrededor de 1.000.000 ha llevado a adoptar una escala comprimida denominada escala logarítmica. Llamando (presión de referencia a la presión de un tono apenas audible (es decir 20 Mapa) y P a la presión sonora, podemos definir el nivel de presión sonora (NPS) LPR como “ $L_p = 10 \log (P / P_{ref})$ ”(ecuación 1) (Miraya, 2003), donde log significa el logaritmo decimal (en base 10). La unidad utilizada para expresar el nivel de presión sonora es el decibel, abreviado dB. El nivel de presión sonora de los sonidos audibles varía entre 0 dB y 120 dB. Los sonidos de más de 120 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles, además de ser bastante dolorosos para la mayoría de las personas” (Miraya, 2003)

Para una mayor comprensión el decibelio es “la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

Con mayor frecuencia se emplea para relacionar magnitudes acústicas, pero también es frecuente encontrar medidas en decibelios de otras magnitudes, por ejemplo las eléctricas o las lumínicas.

En la medida de diversas magnitudes se emplea a menudo como magnitud de referencia un valor convenido muy bajo, por ejemplo el umbral mínimo de percepción del sonido en el ser humano, (0,0002 microbar, 20 micropascales), pero no por ello dejan de ser relativas todas las medidas expresadas en decibelios, aunque el que no se explicita normalmente el valor de referencia les da apariencia absoluta.

El decibelio, cuyo símbolo es dB, es una unidad logarítmica. Es un submúltiplo del belio, de símbolo B, que es el logaritmo de la relación entre la magnitud de interés y la de referencia, pero no se utiliza por ser demasiado grande en la práctica, y por eso se utiliza el decibelio, la décima parte de un belio. El belio recibió este nombre en honor de Alexander Graham Bell.

Un belio equivale a 10 decibelios y representa un aumento de potencia de 10 veces sobre la magnitud de referencia. Cero belios es el valor de la magnitud de referencia. Así, dos belios representan un aumento de cien veces en la potencia, 3 belios equivalen a un aumento de mil veces y así sucesivamente” (semantix)

Así la frecuencia es “una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Para calcular la frecuencia de un suceso, se contabilizan un número de ocurrencias de este teniendo en cuenta un intervalo temporal, luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido. Según el SI (Sistema Internacional), la frecuencia se mide en hercios (Hz), en honor a Heinrich Rudolf Hertz. Un hercio es aquel suceso o fenómeno repetido una vez por segundo. Así, dos hercios son dos sucesos (períodos) por segundo, etc. Esta unidad se llamó originariamente «ciclo por segundo» (cps) y aún se sigue utilizando. Otras unidades para indicar la frecuencia son revoluciones por minuto (rpm). Las pulsaciones del corazón y el tempo musical se miden en «pulsos por minuto» (bpm, del inglés beats per minute).

$$1Hz = \frac{1}{s} \text{ (ecuación 2)}$$

Un método alternativo para calcular la frecuencia es medir el tiempo entre dos repeticiones (periodo) y luego calcular la frecuencia (f) recíproca de esta manera:

$$f = \frac{1}{T} \text{ (ecuación 3)}$$

donde T es el periodo de la señal” (ecured.)

Siendo entonces el propósito esencial de esta investigación lograr establecer un ejercicio de aislamiento acústico, es necesario comprender como y cuando un material es absorbente acústico, que consiste en “evitar la reflexión del sonido que incide sobre ellos. Toda fuente de ruido en el interior de un local produce más ruido que en el exterior, debido a que el local impide la salida del ruido y actúa como amplificador. Fábricas, teatros, restaurantes, auditorios, etc., deben tener la absorción suficiente para evitar problemas de ruido” (Integral A. , 2007)

La función de los materiales aislantes acústicos es reflejar la mayor parte de la energía que reciben. “Deben ser materiales pesados, flexibles y continuos para obtener el máximo rendimiento de su peso. Se utilizan para atenuar el paso del ruido entre ambientes distintos en suelos, paredes y techos” (Integral A. , 2007)

5.3 Marco Metodológico

5.3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación realizada es mixta (cuantitativa y cualitativa).

Cuantitativa, porque se tiene el problema bien definido, además se utilizan instrumentos de recolección de datos y los objetivos están encaminados a la búsqueda de una solución de una hipótesis planteada desde la verificación exacta, con la utilización de fórmulas y datos estadísticos. Y cualitativa en cuanto se analiza un aspecto específico, su aplicación y los comportamientos del material, describiéndolo de una manera clara y elocuente.

5.3.2 Método de Investigación

5.3.2.1 Exploración

Se investiga literatura existente sobre artículos e investigaciones relacionados con estudios del aislamiento acústico en construcciones livianas, donde se encuentran los materiales más utilizados y se indaga acerca de la existencia de estudios elaborados del cisco de café utilizado en la construcción; recopilando y analizando la información encontrada para elaborar teóricamente el cuerpo de la investigación.

5.3.2.2 Trabajo de campo

Para efectuar la evaluación del comportamiento del cisco de café como material aislante, primero se hace la recolección del material (de la trilladora RENCAFE de Belmonte) para después realizar el modelo de una construcción liviana en el laboratorio y así realizar las pruebas correspondientes con el sonómetro. En dicho modelo y obtener resultados de la mejor manera de utilizar el cisco de café como aislante acústico, ya sea a granel, en bolsas plásticas, también se hacen pruebas usando icopor y otros materiales utilizados en las construcciones livianas como aislantes acústicos.

5.3.2.3 Análisis de la información

Después de realizar todas las pruebas al modelo con las diferentes maneras de utilizar el cisco, y de los otros materiales, se hace el respectivo análisis de cada una de las pruebas y de cada aislamiento obtenido, y así comparar cual es la mejor manera de utilizarlos

5.3.2.4 Técnicas para la Recolección de Información

- Investigación y consultas en bibliotecas y páginas Web.
- Asesoría en técnicas de construcciones livianas.
- Elaboración de modelo y pruebas de aislamiento acústico.

5.4 Marco Legal y Normativo

- Resolución 0627 de 2006: “Que corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de acuerdo con los numerales 10, 11 y 14 del Artículo 5 de la Ley 99 de 1993, determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y dictar regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio nacional.

Que de conformidad con el Artículo 14 del Decreto 948 de 1995, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, fijará mediante resolución la norma nacional de emisión de ruido y norma de ruido ambiental para todo el territorio nacional” (Ministerio de Ambiente, s.f.)

- NTC 4373: Normatización planteada por ICONTEC, para discriminar claramente las características de las PLACAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO, y los métodos de utilización para la seguridad.

- ISO 6308 DEL 1980: Se refiere a la norma de construcción de ISO para el método adecuado del uso de placas de YESO.

6. Hipótesis

La hipótesis planteada en esta investigación consiste en que, a la hora de realizar las pruebas de medición directa al modelo de la construcción liviana, el caucho molido encapsulado presenta mejor comportamiento como aislante acústico que los otros materiales. El prototipo realizado es de 50*50 cm.

Con este modelo se realizan varias pruebas de aislamiento acústico utilizando un sonómetro marca UNI-T modelo UT353.

Las pruebas consisten en utilizar el cisco a granel tal como sale de la trilla, y empacado en bolsas (encapsulado), para comparar resultados y comprobar de qué manera se consiguen mejores resultados; también se realizan pruebas utilizando diferentes materiales como aislante con el fin de comparar los resultados obtenidos y de esa manera concluir si se justifica utilizar el cisco de café en lugar de los materiales más utilizados actualmente.

Las variables para esta investigación son las siguientes:

- Aislamiento acústico (cisco de café, placa de yeso y demás materiales a usar).
- Fuente de Ruido (diferentes frecuencias).
- Ruido de Fondo.

7. Aspectos Operativos de la Investigación

7.1 Aplicación

Se obtuvieron medidas de aislamiento acústico del cisco de café usado de diferentes formas y también de materiales como icopor en diferentes formas y el caucho molido.

7.1.1 Equipos y Materiales

CISCO DE CAFÉ: Es un subproducto obtenido de la trilla del grano de café seco, que se puede observar en la Ilustración 1. Es el material imprescindible de esta investigación; adquirido de la trilladora RENCAFE del barrio Belmonte de la ciudad de Pereira.



Ilustración 1. Cisco De Café

Fuente Propia

CAUCHO MOLIDO: Es derivado de neumáticos.



Ilustración 2. Caucho Molido

Fuente Propia

ICOPOR: Es un material plástico espumado utilizado en Colombia. Lo fabrica la Industria Colombiana de Porosos, por eso se llama ICOPOR. Conocido como EPS, es Poliestireno expandido; que se puede observar en la Ilustración 3. Es adquirido de la fábrica Icopores de Occidente de la ciudad de Pereira.



Ilustración 3. Icopor en diferentes formas

Fuente Propia

SONÓMETRO: Usado para obtener los datos de aislamiento acústico, es un equipo de medida que sirve para medir niveles de presión sonora. Logra medir el nivel de presión sonora que existe en algún lugar en un momento determinado. La unidad en la que trabaja el sonómetro es el decibelio, descrito con anterioridad.

UT353 es un mini medidor de sonido que puede convertir el sonido ambiental en señales eléctricas, procesar datos y mostrar los resultados en su pantalla LCD. Sus especificaciones son:

- Ruido (a considerar): 30~130dB (rango); 0,1 dB (resolución); ± 1.5 dB (precisión).
- Velocidad de muestreo: RÁPIDO: 125 ms (precisión) / LENTO: 1000 ms (precisión).



Ilustración 4. Sonometro UNI-T,

Fuente Propia

7.1.2 Procedimiento y Descripción del Proceso

Después de tener el modelo construido y contar con todos los materiales a realizar las pruebas se procede a la obtención de resultados de aislamiento.

Primero se configura y se calibra el sonómetro con las condiciones respectivas a las pruebas a realizar, basándose en el manual del usuario de dicho sonómetro.

MATERIALES A ANALIZAR

- Cisco de café (granel, encapsulado)
- Icopor (bolsas de nieve, bolas de nieve encapsuladas, bloque, retazos, retazos encapsulados)
- Caucho molido (granel, encapsulado)

Cada prueba consiste en tomar 2 datos con el sonómetro con un intervalo de 10 segundos y promediar estos datos entre sí, para obtener un solo dato de aislamiento para cada frecuencia, a este procedimiento se le denomina medición.

Se inicia con la medición sin ningún tipo de aislante en el modelo, para tener una base y comparar con los datos de aislamiento de cada material. Antes de iniciar cada prueba se hace la medición del ruido de fondo, para con éste obtener una fuente de error de cada ensayo, esto debido a que en las instalaciones donde se hicieron dichas pruebas, frecuentemente se evidenciaban diferentes ruidos; Luego la muestra del material a analizar se ubica en el espacio vacío entre placa y placa, después se genera el tono con el emulador a la frecuencia deseada y ubicando el sonómetro en el centro de una cara (siempre en el mismo lugar) se obtiene el aislamiento de la muestra a la frecuencia correspondiente (medición).

7.2 Resultados

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los materiales, analizados en la investigación.

Tabla 1. Resultados materiales al granel

Nº PRUEBA	SONIDO (DECIBELES)	PROMEDIO (DECIBELES)
SIN AISLANTE		
1	84.9	85.35
2	85.8	
ICOPOR (BOLAS DE NIEVE)		
1	73.7	73.75
2	73.8	
CISCO DE CAFÈ (GRANEL)		
1	70.9	71.75
2	72.6	
ICOPOR (RETAZOS)		
1	72	72.1
2	72.2	
CAUCHO MOLIDO		
1	71	71.15
2	71.3	
ICOPOR (BLOQUE)		
1	71.6	71.4
2	71.2	

FUENTE PROPIA

Tabla 2. Resultados de materiales encapsulados

Nº PRUEBA	SONIDO (DECIBELES)	PROMEDIO (DECIBELES)
ICOPOR (BOLAS DE NIEVE)		
1	75	74.25
2	73.5	
CISCO DE CAFÈ (GRANEL)		
1	78.8	79.35
2	79.9	
ICOPOR (RETAZOS)		
1	75.3	76.3
2	77.3	
CAUCHO MOLIDO		
1	67.5	68.15
2	68.8	

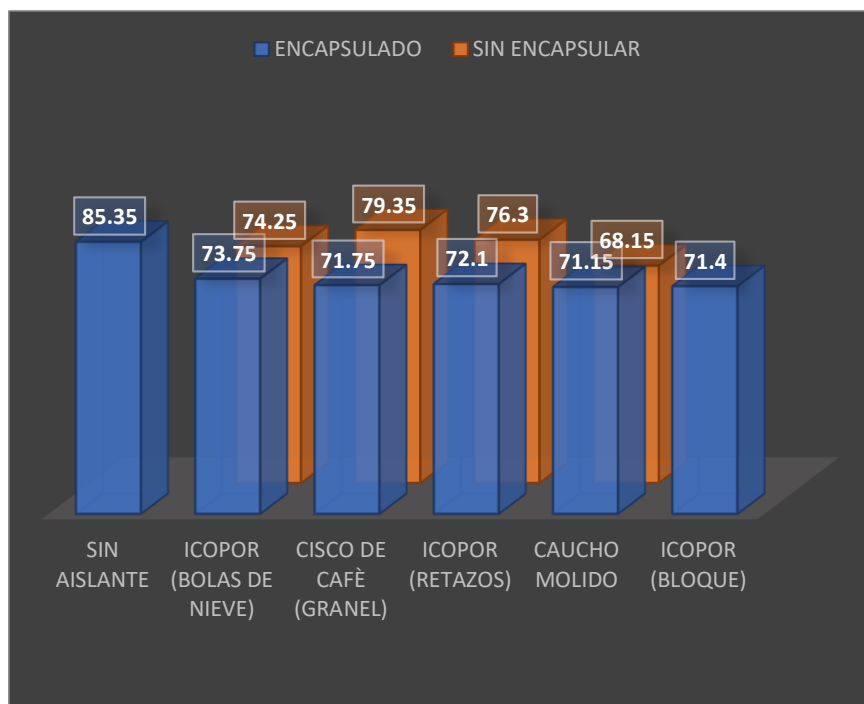
FUENTE PROPIA

7.2.1 Análisis de Resultados

Tabla 3. Análisis de Resultados

MATERIAL	DECIBELES
GRANEL	
NO ENCAPSULADO	85.35
ICOPOR (BOLAS DE NIEVE)	73.75
ICOPOR (RETAZOS)	72.1
ICOPOR (BLOQUE)	71.4
CISCO DE CAFÈ	71.75
CAUCHO MOLIDO	71.15
ENCAPSULADO	
ICOPOR (BOLAS DE NIEVE)	74.25
ICOPOR (RETAZOS)	76.3
CISCO DE CAFÈ	79.35
CAUCHO MOLIDO	68.15

FUENTE PROPIA



Esta tabla y gráfico muestra los promedios que se obtuvieron en decibeles; los cuales nos indican la cantidad de decibeles que logran pasar a través del material y ser captados por el sonómetro.

8. Delimitación del Proyecto

8.1 Limitaciones Presupuestales

No se presentan limitantes de gran consideración en este proyecto ya que se contaba con materiales sobrantes de construcciones, y para las pruebas de laboratorio se utilizó el sonómetro propiedad del docente investigador a cargo de este proyecto.

8.2 Cuadro de Costos

La siguiente tabla muestra los valores en pesos colombianos de cada material estudiado.

Tabla 4. Tabla de costos

MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
ICOPOR (BOLAS DE NIEVE)	Kg	\$ 10,000.00
ICOPOR (RETAZOS)	N/A	SIN COSTO
ICOPOR (BLOQUE)	UND	\$ 17,000.00
CISCO DE CAFÉ	N/A	SIN COSTO
CAUCHO MOLIDO	N/A	SIN COSTO

9. Conclusiones

- Se probaron 3 diferentes materiales de los cuales dos de ellos no son utilizados normalmente en la Industria de la construcción (cisco de café y caucho molido), de los cuales se obtienen resultados favorables.
- Los resultados nos muestran que de los materiales utilizados el que mejor trabaja como aislante acústico es el caucho triturado encapsulado.
- Los resultados obtenidos muestran una amplia posibilidad de utilizar estos materiales como aislantes acústicos en las construcciones livianas.
- Utilizando estos materiales en la industria de la construcción se estima que estas construcciones sean más económicas debido al bajo costo de estos materiales.
- Es muy conveniente usar este tipo de materiales como aislantes acústicos, ya que a diferencia de los usados actualmente no producen ningún tipo de alergia.
- A pesar de que el cisco de café no es el que presenta los mejores resultados, se puede decir que a este se le ha encontrado un nuevo uso, ya que se debe aprovechar al máximo siendo de la región cafetera.

10. Recomendaciones

- Seguir indagando y buscando alternativas para el uso del cisco de café por medio de estudios para así tener un mejor provecho de este, ya que Colombia es un gran productor de café, es económico, no se degrada con facilidad a no se que se quema donde se está utilizando actualmente por su alto poder calorífico.
- Esta investigación puede convertirse en un punto de partida para realizar más propuestas utilizando este tipo de materiales ya sea en construcciones livianas o en cualquier tipo de construcción donde se les pueda dar uso.

11. Bibliografía

Acústicos, C. d. (23 de 12 de 2013). *amgaislamientos*. Obtenido de amgaislamientos:

https://www.amgaislamientos.com/index_files/Page966.htm

CASTAÑO B., S., & H., R. (15 de Marzo de 2014). *Script*. Obtenido de Script: CASTAÑO B.,

S.; RONCANCIO H., E. Estudio experimental del

comportamien[http://orton.catie.ac.cr/cgi-](http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004120)

[bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004120](http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004120)

construcguis. (8 de abril de 2011). *construcguis*. Obtenido de construcguis:

<http://construcguis.blogspot.com/2011/04/aislamiento-acustico.html>

ecured. (12 de 04 de 2014). *ecured*. Obtenido de ecured:

http://www.ecured.cu/index.php/Aislamiento_ac%C3%BAstico

ecured. (s.f.). *ecured*. Obtenido de ecured.: <http://www.ecured.cu/index.php/Frecuencia>

fceia. (2013 de diciembre de 23). *fceia*. Obtenido de fceia:

<http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/queesrui.htm>

FL, C. (2000). La Virtud del Cafè. En C. FL, *La Virtud del Cafè* (págs. 5 - 63). Barcelona:

Editors S.A.

Integral, A. (2007). *Acustica Integral*. Obtenido de Productos Absorbentes:

<https://www.acusticaintegral.com/cat/productos/?sub=absorbentes>

Integral, C. d. (2007). *Materiales absorbente*.

LC, T. (1985). Carbohydrates. In: Clarke RJ, Macrae R. En T. LC., *Carbohydrates. In: Clarke*

RJ, Macrae R (págs. 83 - 114). London: Elsevier: Coffee. Vol 1: Chemistry.

Ministerio de Ambiente, V. y. (s.f.). *Minambiente*. Obtenido de PDF:

http://www.minambiente.gov.co/documentos/res_0627_070406.pdf

Miraya, F. (2003). *Niveles Sonoros*. Obtenido de Niveles Sonoros: .

<http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/niveles.htm>,

Narváez, S., Castaño, C., & Christian. (23 de Diciembre de 2013). *Repositorio UTP*. Obtenido de

Repositorio UTP: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1115>

P., F. (1985). Lipids. In: Clarke RJ, Macrae R. En F. P., *Lipids. In: Clarke RJ, Macrae R* (págs.

203-222.). London: Elsevier: Coffee. Vol 1: Chemistry.

R., V. (1988). Physiologically active substances in coffee. In: Clarke RJ, Macrae R. En V. R.,

Physiologically active substances in coffee. In: Clarke RJ, Macrae R (págs. 1 - 31).

London: Coffee. Vol 3: Physiology.

R., V., & Garantini, S. (1991). The Composition off coffe. In: caffeine, coffee, and health. En V.

R., & S. Garantini, *The Composition off coffe. In: caffeine, coffee, and health* (págs. 17 -

41). New York: Raven Press.

rabfis. (23 de diciembre de 2013). *rabfis*. Obtenido de rabfis:

[http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(10\)%20control%20por%20aislamiento/definicion%20de%20aislamiento.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(10)%20control%20por%20aislamiento/definicion%20de%20aislamiento.htm)

Red., E. (s.f.). *ECURRED*. Obtenido de ECURRED:

http://www.ecured.cu/index.php/Aislamiento_ac%C3%BAstico

semantix. (s.f.). *Definicion Semàntica*. Obtenido de Definicion Semàntica: :

<http://www.semantix.com/termino-semantico/decibelio>

vivirhogar. (2013 de diciembre de 23). *vivirhogar*. Obtenido de vivirhogar:

<http://www.vivirhogar.es/sistema-gyplac-un-alternativa-de-construccion-en-seco.html>